

**Vertikalziehverfahren zur Herstellung eines zylinderförmigen Glaskörpers  
und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vertikalziehverfahren zur Herstellung eines zylinderförmigen Glaskörpers, insbesondere aus Quarzglas, umfassend ein kontinuierliches Zuführen eines Glaszylinders zu einer Heizzone, die ein vertikal ausgerichtetes Heizrohr aufweist, ein Justieren der Zylinderlängsachse des Glaszylinders in Bezug auf die Heizrohr-Längsachse, ein zonenweises
- 10 Erweichen des Glaszylinders, ein Ziehen eines Glasstrangs aus dem erweichten Glaszylinder, und ein Zuschneiden des Glasstrangs zu dem zylinderförmigen Glaskörper.

- Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung eines zylinderförmigen Glaskörpers mittels eines Vertikalziehverfahrens, mit einer
- 15 Heizzone, die ein vertikal ausgerichtetes Heizrohr aufweist, und mit einer Justiereinrichtung zum Justieren der Zylinderlängsachse eines zu ziehenden Glaszylinders in Bezug auf die Heizrohr-Längsachse.

- Derartige Verfahren und Vorrichtungen dienen der Herstellung von zylinderförmigen Bauteilen, insbesondere von Rohren und Stäben aus
- 20 Quarzglas mit beliebigem Querschnittsprofil, von Vorformen für optische Fasern oder der optischen Faser selbst.

- In der DE 101 17 153 C1 wird ein Vertikalziehprozess zur Herstellung eines Vollzylinders aus Quarzglas durch Ziehen aus einem Hohlzylinder beschrieben. Dabei wird ein Quarzglaszylinder in Rohr- oder in Stabform in vertikaler
- 25 Ausrichtung von oben einem Heizrohr zugeführt, darin zonenweise erweicht, und aus dem erweichten Bereich wird mittels eines Schleppers ein Glasstrang abgezogen, wobei sich im erweichten Bereich des Quarzglaszylinders eine Ziehzwiebel ausbildet. Die radiale Ausrichtung des Quarzglaszylinders etwa auf die Mittelachse des Heizrohres erfolgt nach Augenmaß.

Die optimale Ziehposition des Quarzglaszylinders innerhalb des Heizrohres kann so jedoch nicht zielgenau erfasst und angefahren werden. Es hat sich gezeigt, dass die Position des Quarzglaszylinders innerhalb des Heizrohres entscheidenden Einfluss auf die Qualität des daraus erhaltenen Glaskörpers hat. Es werden Ovalitäten der radialen Glaskörper-Querschnitts, Exzentrizitäten zwischen Kern und Mantel bei Glaskörpern in Form von Vorformen und optischen Fasern beobachtet. Ein wesentlicher Parameter für die Beurteilung der Faserqualität ist die Faserbiegung, die eine frei bewegliche Faser einnimmt (im Englischen als „fiber curl“ bezeichnet). Die Faserbiegung wird durch Abweichungen von der idealen Zylindersymmetrie – sei es bei der Vorform oder beim Ziehen einer coaxialen Anordnung von Bauteilen beim Ziehen nach der Stab-in-Rohrtechnik – hervorgerufen, wie sie beispielsweise in der EP 0 598 349 A1 beschrieben ist. Zudem können Biegungen des abgezogenen Glasstrangs von weniger als 0,5 mm/m ohne Kontrolle der axialen Ausrichtung der Zylinderlängsachse auf die Ziehachse nicht reproduzierbar erreicht werden.

Es wurde versucht, eine radial inhomogene Beheizung durch eine Rotation des Glaszylinders um seine Längsachse zu kompensieren. Dies erfordert jedoch einen hohen apparativen und regelungstechnischen Aufwand.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Methode und eine Vorrichtung zur Optimierung der Maßhaltigkeit der durch Vertikalziehen erhaltenen zylinderförmigen Glaskörper – ohne Rotation desselben – anzugeben, wobei es insbesondere ermöglicht werden soll, eine optimale Ziehposition des Zylinders innerhalb des Heizrohres zu ermitteln und diese gezielt anzufahren.

Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von einem Verfahren der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Justieren ein Erfassen eines Wertes für eine erste radiale xy-Position der Zylinderlängsachse des Glaszylinders in einer ersten horizontalen Erfassungsebene, ein Ziehen des in der ersten xy-Position angeordneten Glaszylinders zu einem Test-Glasstrang, sowie eine einfache oder wiederholte Durchführung folgender Verfahrensschritte umfasst:

- a) ein Vermessen eines Ist-Zustandes einer radialen Kreis- oder Ringabmessung des Test-Glasstrangs,
  - b) ein Ermitteln einer Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Position unter Berücksichtigung der Lage des Glaszylinders in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres während des Ziehens,
  - c) ein Berechnen einer korrigierten xy-Position der Zylinderlängsachse anhand eines Korrekturfaktors und der Größe und der Lage der Abweichung,
  - d) ein Einrichten des Glaszylinders in dem Heizrohr derart, dass sich die Zylinderlängsachse wenigstens in der ersten horizontalen Erfassungsebene in der korrigierten xy-Position erstreckt, und
  - e) ein Ziehen des in der korrigierten xy-Position eingerichteten Glaszylinders zu einem weiteren Test-Glasstrang.
- Bei dem Heizrohr handelt es sich in der Regel um ein Bauteil aus Grafit oder aus einem keramischem Material. Infolge von Fertigungsschwankungen kann das Heizrohr eine radial inhomogene Verteilung der Dichte aufweisen. Derartige Inhomogenitäten innerhalb der Heizrohrwandung und axiale Asymmetrien im Ofenaufbau führen zu Störungen in der Ausprägung des Temperaturfeldes und insbesondere zu einer nicht axialsymmetrischen Temperaturverteilung innerhalb des Heizrohres. Dazu tragen weitere Faktoren des Heizofens bei, wie beispielsweise eine vorhandene Isolierung um das Heizrohr oder Ziehparameter, wie Temperaturen, Gasflüsse, oder dem radialen Querschnitt des Glaszylinders.
- In Abhängigkeit von der Asymmetrie des Temperaturfeldes und der Position des Glaszylinders innerhalb dieses Temperaturfeldes kommt es zu einer systematischen Maßabweichung bei der Stab- bzw. der Rohrgeometrie des abgezogenen Glasstrangs. Bei Stäben und Rohren treten Ovalitäten des Querschnitts auf, und bei Rohren wird eine „Wandeinseitigkeit“ beobachtet, worunter ein radial ungleichmäßiger Verlauf der Rohrwanddicke verstanden wird. Außerdem kann auch eine axialen Biegung des Glasstrangs auftreten.

Es wurde nun gefunden, dass es innerhalb jedes Heizrohres mindestens eine radiale xy-Position gibt, bei welcher der dort angeordnete Glaszylinder eine gleichmäßige, weitgehend axialsymmetrische Aufheizung erfährt, so dass beim Ziehen des dort angeordneten Glaszylinders eine zufriedenstellende

5 Maßhaltigkeit des Glasstrangs und des daraus resultierenden Glaskörpers erzielt wird. Die konkrete Lage dieser radialen Ziehposition, die im Folgenden auch als „optimale radiale Ziehposition“ oder auch als „sweet spot“ bezeichnet wird, ist von Heizelement zu Heizelement unterschiedlich. Bei einem Austausch des Heizrohres oder einer anderen Änderung mit Einfluss auf das

10 Temperaturprofil innerhalb des Heizrohres ergibt sich daher jeweils eine andere optimale radiale Ziehposition.

Erfindungsgemäß gilt es daher, in dem gestörten Temperaturfeld des Heizrohres mindestens einen „sweet spot“ aufzufinden, in dem der Energieeintrag in den zu ziehenden Glaszylinder im Bereich der Ziehzwiebel

15 radial möglichst gleichmäßig erfolgt, und den zu ziehenden Glaszylinder auch in dieser xy-Position einzurichten. Beim Ziehen eines in einem „sweet spot“ angeordneten Glaszylinders lässt sich die gewünschte Geometrie besonders gut einstellen und während des Ziehprozesses einhalten.

Für diese Optimierung relevant ist dabei die horizontale Anordnung der

20 Zylinderlängsachse innerhalb des Heizrohres (xy-Position). In Richtung der Heizrohr-Längsachse (z-Position) ändert sich die Temperatur kontinuierlich, so dass die Position des Glaszylinders oder der Ziehzwiebel in dieser Richtung im Hinblick auf die Maßhaltigkeit des Glasstrangs weniger kritisch ist.

Durch Zuschneiden wird aus dem Glasstrang ein Stab, ein Rohr, eine Vorform

25 oder eine optische Faser erhalten. Der Glaszylinder ist ein Vollzylinder, ein Hohlzylinder, eine Vorform für optische Fasern, oder er ist Teil einer coaxialen Anordnung eines sogenannten Kernstabs (der das Glas für den inneren Bereich einer Faser bereitstellt) und einem oder mehreren den Kernstab umgebenden Mantelglasrohren, wie sie in der EP 0 598 349 A1 beschrieben

30 ist, und aus der entweder durch Vertikalziehen und Kollabieren eine Vorform für eine optische Faser oder die optische Faser direkt erhalten wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren umfasst das Justieren des Glaszylinders in Bezug auf die Heizrohr-Längsachse einen oder mehrere Vorversuche, anhand derer ein „sweet spot“ aufgefunden wird, und eine Methode zum Einrichten des Glaszylinders in dem aufgefundenen „sweet spot“.

- 5 Zu diesem Zweck wird zunächst probeweise ein Glaszylinder gezogen, dessen anfängliche, erste radiale xy-Position in einer ersten horizontalen Erfassungsebene exakt erfasst wird. Für das Erfassen der radialen xy-Position sind optische, mechanische, elektrische, magnetische, kapazitive oder induktive Methoden geeignet. Wesentlich ist dabei lediglich, dass die
- 10 Koordinaten der betreffenden xy-Position eindeutig und quantitativ ermittelt werden. Im Fall einer optischen Erfassung verläuft die erste horizontale Erfassungsebene der Einfachheit halber oberhalb des Heizrohres.

- Bei diesem „Test-Glaszylinder“ handelt es sich entweder um einen „Gut-Zylinder“, der zu dem Glaskörper gezogen werden soll, oder um einen
- 15 „Dummy-Zylinder“, der aus einem ähnlichen Werkstoff, jedoch mit schlechterer Qualität als der „Gut-Zylinder“ besteht.

- Der erste Glaszylinder wird zu einem ersten Test-Glasstrang gezogen, der durch eine radiale Kreis- oder Ringabmessung, wie zum Beispiel der Wanddicke oder der Querschnittsfläche, gekennzeichnet ist. Die betreffende
- 20 radiale Kreis- oder Ringabmessung wird vermessen, so dass ein Ist-Zustand der radialen Abmessung des ersten Test-Glasstrangs erhalten wird. Der Ist-Zustand der radialen Abmessung ergibt sich in der Regel auf Basis mehrerer Messungen entlang der Zylinderlängsachse des Test-Glasstrangs oder von Teilstücken desselben.

- 25 Abweichungen zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der betreffenden Kreis- oder Ringabmessung werden quantifiziert; und zwar sowohl hinsichtlich der Größe der Abweichung und im Hinblick auf ihre relative Lage in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres während des Ziehens. Die so ermittelte Abweichung von der Soll-Geometrie hat Auswirkungen auf eine
- 30 nachfolgend vorzunehmende Verschiebung der aktuellen xy-Position innerhalb des Heizrohres, wobei die Richtung des entsprechenden Verschiebungsvektors

von der relativen Lage der Abweichung bestimmt wird, und die Länge des Verschiebungsvektors von der Größe der Abweichung.

Zur Berechnung dieses Verschiebungsvektors kann ein von Heizrohr zu Heizrohr verschiedener und daher individuell empirisch zu ermittelnder

- 5 Korrekturfaktor herangezogen werden, welcher die Auswirkung einer Verschiebung des Glaszylinders im Bereich der ersten Erfassungsebene auf die betreffende Kreis- oder Ringabmessung im abgezogenen Glasstrang quantitativ berücksichtigt. Auf Basis der Berechnung ergibt sich ein korrigierter Wert für die xy-Position, bei welcher eine höhere Maßhaltigkeit des  
10 abgezogenen Glasstrangs zu erwarten ist.

- Anschließend wird entweder derselbe Glaszylinder oder ein anderer Test-Zylinder in dem Heizrohr derart eingerichtet, dass sich dessen Zylinderlängsachse mindestens in Höhe der ersten horizontalen Erfassungsebene in der korrigierten xy-Position erstreckt. Hierzu wird entweder  
15 der gerade eingesetzte Glaszylinder während des Ziehprozesses neu eingerichtet. Oder der Ziehprozess wird für die Neu-Einrichtung dieses oder eines anderen Test-Zylinders unterbrochen. Bei Einsatz eines anderen Test-Zylinder kann es sich ebenfalls um einen „Dummy-Zylinder“ oder um einen „Gut-Zylinder handeln. Das Neu-Einrichten auf der korrigierten xy-Position  
20 erfolgt von Hand oder rechnergesteuert.

Zum reproduzierbaren Einrichten des Glaszylinders in der korrigierten xy-Position sind die weiter oben anhand des Verfahrensschrittes des „Erfassens“ erläuterten Maßnahmen geeignet.

- Der exakt und reproduzierbar in der korrigierten xy-Position eingerichtete  
25 Glaszylinder wird zu einem weiteren Test-Glasstrang gezogen. Die Wirkung der Korrektur der xy-Position auf Größe und Position der Abweichung wird kontrolliert, indem der abgezogene weitere Test-Glasstrang oder abgelängte Teile davon vermessen werden, wie dies oben anhand der Verfahrensschritte des „Vermessens“ und „Ermittelns“ (Verfahrensschritte a) und b)) erläutert ist.

Für den Fall, dass nun die Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung zufriedenstellend gering ist, handelt es sich bei der korrigierten xy-Position um einen „sweet spot“, der für den laufenden Vertikalziehprozess oder für folgende Ziehprozesse unter

5 Einsatz desselben Heizrohres herangezogen wird. Der aktuell in dem Heizofen eingesetzte Glaszylinder kann dann zu dem Glasstrang weitergezogen werden, oder er wird durch einen anderen Glaszylinder ersetzt, der dann ebenfalls in der korrigierten xy-Position eingesetzt wird.

Andernfalls wird anhand der gefundenen Abweichung zwischen dem Ist-

10 Zustand und dem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung des weiteren Test-Glasstrangs eine weitere korrigierte xy-Position berechnet. Diese weitere korrigierte xy-Position liegt der Wiederholung der Verfahrensschritte des „Einrichtens“ und „Ziehens“ zugrunde (Verfahrensschritte c), d) und e)), wie dies oben erläutert ist.

15 Auf diese Weise werden die Verfahrensschritte a) bis e) so oft wiederholt, bis die maßgebliche Kreis- oder Ringabmessung des jeweiligen Test-Glasstrangs zufriedenstellend nahe am Soll-Zustand liegt, so dass die betreffende mehrfach korrigierte xy-Position als „sweet spot“ für den aktuellen Ziehprozess und für nachfolgende Ziehprozesse in demselben Heizofen herangezogen werden

20 kann.

Dabei wird jeweils der gerade eingerichtete Glaszylinder oder ein Test-Glaszylinder eingesetzt. Eine weitere Wiederholung der Verfahrensschritte erübrigt sich, sobald der abgezogene Test-Glasstrang eine ausreichend geringe Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand der Kreis- oder

25 Ringabmessung aufweist.

Die Korrektur der xy-Position des Glaszylinders hinsichtlich des „sweet spots“ und die dadurch erhaltene Verbesserung der maßgeblichen Kreis- oder Ringabmessung des abgezogenen Glasstrangs kann mit einer Verschlechterung einer anderen Glasstrang-Eigenschaft einhergehen.

30 Insbesondere ist hier eine axiale Biegung des Glasstrangs zu beachten, die auftreten kann, wenn die Mittelachse des Glaszylinders außerhalb der

Ziehachse liegt. Ist eine derartige Verschlechterung einer anderen Eigenschaft nicht mehr akzeptabel, so muss ein Kompromiss zwischen dieser Eigenschaft und der maßgeblichen Kreis- oder Ringabmessung des abgezogenen Glasstrangs gefunden werden. In der Regel genügt es, die betreffenden

5   Eigenschaften und Abmessungen im Rahmen einer vorgegebenen Spezifikation einzuhalten. Falls erforderlich, wird die Ziehachse in Bezug auf einen neu aufgefundenen „sweet spot“ ausgerichtet, was eine Neujustierung des Abzuges beinhaltet.

Insbesondere im Hinblick hierauf entspricht der Soll-Zustand dem Ideal-

10   Zustand der betreffenden Kreis- oder Ringabmessung oder einer gerade noch hinnehmbaren Abweichung vom Ideal-Zustand, wie sie beispielsweise durch eine Spezifikation vorgegeben sein kann.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gelingt es, die Qualität des abgezogenen Glasstrangs hinsichtlich ihrer radialen Abmessung und

15   insbesondere bei einem rohrförmigen Glasstrang hinsichtlich seiner Wandeinseitigkeit zu verbessern, ohne dass hierzu eine Rotation um die Mittelachse des Glaszylinders erforderlich ist. Anders als eine derartige Rotation um die Mittelachse führt das erfindungsgemäße Verfahren auch dann zum Erfolg, wenn ein rohrförmiger Glas-Ausgangszylinder eingesetzt wird, der

20   eine Wandeinseitigkeit aufweist. Denn zur Beseitigung der Wandeinseitigkeit im abgezogenen Glasstrang muss ein solcher Glaszylinder asymmetrisch zum radialen Temperaturverlauf innerhalb der Heizzone angeordnet werden.

Es hat sich besonders bewährt, wenn das Erfassen des Wertes für die erste radiale xy-Position das Erzeugen einer optischen Abbildung des Glaszylinders

25   in der ersten Erfassungsebene und mindestens einem Teil des Heizrohres oder eines zum Heizrohr in einer ortsfesten Beziehung stehenden Kalibrierkörpers, sowie eine Auswertung der optischen Abbildung umfasst.

Dabei wird mittels einer geeigneten Aufnahmevorrichtung eine optische Abbildung der Anordnung von Glaszylinder und Heizrohr innerhalb der ersten

30   Erfassungsebene erzeugt und auf Anzeigemedium, wie einem Monitor, einem Display oder als Ausdruck, angezeigt. Aus der Abbildung werden



rechnergestützt oder von Hand die Koordinaten bestimmt, welche die erste radiale xy-Position kennzeichnen. Dabei handelt es sich in der Regel um die Position der Mittelachse des Glaszylinders innerhalb des radialen Heizrohr-Querschnitts. Die entsprechenden Koordinaten werden für eine etwaige spätere

- 5 Korrektur der radialen xy-Position vermerkt. Eine exakte und reproduzierbare Bestimmung der Koordinaten wird so auf einfache Art und Weise ermöglicht. Anstelle des Heizrohres oder ergänzend dazu kann die auszuwertende Abbildung auch einen Kalibrierkörper zeigen, der mit der Mittelachse des Heizrohres in einer bekannten, ortsfesten Beziehung steht.
- 10 Vorzugsweise wird ein rohrförmiger Test-Glasstrang gezogen, wobei das Vermessen nach Verfahrensschritt a) das Vermessen des radialen Wanddickenverlaufs des Test-Rohrstrangs umfasst.

Es hat sich gezeigt, dass die Wandeinseitigkeit besonders empfindlich auf Inhomogenitäten des Temperaturfeldes innerhalb des Heizrohres reagiert.

- 15 Daher werden die „sweet spots“ auch beim Ziehen eines Glaszylinders in Form eines Vollzylinders vorzugsweise vorab anhand von Vorversuchen unter Einsatz eines oder mehrerer rohrförmiger Test-Glaszylinder ermittelt.

- Das Vermessen nach Verfahrensschritt a) umfasst das Vermessen des Wanddickenverlaufs des rohrförmigen Test-Glasstrangs, wobei die Abweichung
- 20 der Wandungsgeometrie von der Ringform (Wandeinseitigkeit) gemessen, und die Größe der Abweichung als Absolutwert der Differenz zwischen der Stärke der dicksten Stelle der Rohrwandung und der dünnsten Stelle ermittelt wird. Außerdem wird die relative Lage der dünnsten Stelle der Rohrwandung in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres während des Ziehprozesses
- 25 bestimmt (in einer Projektion des radialen Rohr-Querschnitts auf die erste Erfassungsebene).

Vorzugsweise wird ein rohrförmiger Test-Glasstrang mit einem Außendurchmesser von maximal 50 mm, besonders bevorzugt zwischen 10 und 20 mm, gezogen.

Durch den kleinen Durchmesser des Test-Rohrstrangs wird in erster Linie Versuchsmaterial eingespart. Der Betrag der am Test-Rohrstrang ermittelten Abweichung der maßgeblichen Kreis- oder Ringabmessung wird hierbei zur Korrektur der xy-Position verwendet und dabei auf den Durchmesser des  
5 später zu ziehenden, dickeren Glasstrangs hochskaliert.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Vermessen nach Verfahrensschritt a) während des Ziehens, wobei die Kreis- oder Ringabmessung an mehreren um den Umfang des Test-Glasstrangs verteilten Messpunkten ermittelt wird.

- 10 Die Kreis- oder Ringabmessung des abgezogenen Test-Glasstrangs wird dabei während des Ziehprozesses überwacht und die Auswirkungen infolge einer Korrektur der xy-Position können unmittelbar überprüft und erforderlichenfalls korrigiert werden. Dadurch kann ein „sweet spot“ besonders schnell ermittelt werden. Zu dem Zweck kann ein um den Außenumfang des Test-Glasstrangs  
15 kreisendes oder oszillierendes Messgerät (insbesondere ein Wanddickenmessgerät) eingesetzt werden, oder mehrere, um den Umfang verteilte stationäre Messgeräte (Wanddickenmessgeräte).

- Alternativ oder ergänzend dazu erfolgt das Vermessen nach Verfahrensschritt a) nach dem Ziehen des Glaszylinders an abgelängten Teilstücken des Test-  
20 Glasstrangs unter Einsatz eines ortsfesten Wanddickenmessgerätes.

Bei dieser Verfahrensweise genügt eine vergleichsweise einfache und kostengünstige Ausrüstung zum Vermessen. Sie wird vorzugsweise zu Kontrollzwecken eingesetzt.

- Es hat sich gezeigt, dass bei einem rohrförmigen Test-Glasstrang der Abstand  
25 A zwischen der xy-Position und der korrigierten xy-Position anhand folgender Bemessungsregel berechnet wird:

$$A = K \times \text{Wandseinseitigkeit}$$

- wobei K ein Korrekturfaktor ist, welcher zwischen 5 und 40 liegt, sofern die Wandseinseitigkeit als Differenzbetrag zwischen dem Maximalwert und dem  
30 Minimalwert der Wandungsdicke angegeben wird.

Der Korrekturfaktor beinhaltet sowohl solche Einflüsse, welche für jeden Ziehprozess unter Einsatz der Heizeinrichtung konstant sind – dabei handelt es sich im Wesentlichen um Einflüsse des Heizrohres – als auch Einflüsse, die von den Ziehparametern abhängen – dabei handelt es sich im Wesentlichen

5 um die Temperatur und um die Geometrie, Homogenität und Maßhaltigkeit des Ausgangs-Glaszylinders. Neben dem Heizrohr macht sich insbesondere eine vorhandene Ovalität oder Wandeinseitigkeit des Glaszylinders auf die Lage des „sweet spots“ bemerkbar. Die Art und Weise der quantitativen Bestimmung der Wandeinseitigkeit ist beliebig. Sie kann beispielsweise als maximale

10 Abweichung von einer mittleren Wandungsdicke bestimmt werden. Der obige Korrekturfaktor ist dann anwendbar, wenn die Wandeinseitigkeit als Differenzbetrag zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert der Wandungsdicke angegeben wird.

Die dünnste Rohrwandung ergibt sich an der heißesten Stelle der

15 Rohroberfläche infolge einer in Bezug auf das Temperaturprofil asymmetrischen Positionierung eines rohrförmigen Test-Glaszylinders innerhalb des Heizrohres. Die korrigierte xy-Position des Glaszylinders wird daher so berechnet, dass sich der Glaszylinder von der heißesten Stelle des Heizrohres wegbewegt. Die Strecke der Wegbewegung, das heißt der Abstand

20 A zwischen dem aktuellen Wert der xy-Position und dem korrigierten Wert, hängt von der Größe der gemessenen Abweichung der Rohrgeometrie ab (beispielsweise der Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert der Rohrwanddicke) und wird anhand obiger Bemessungsregel berechnet.

Es hat sich als vorteilhaft erweisen, wenn ein Wert für die erste radiale xy-

25 Position der Zylinderlängsachse des Glaszylinders in einer zweiten horizontalen Erfassungsebene ermittelt wird, welche beabstandet zur ersten Erfassungsebene verläuft.

Dabei wird die Position des Glaszylinders innerhalb des Heizrohres in zwei unterschiedlichen horizontalen Ebenen vermessen, wodurch eine Ausrichtung

30 der Zylinderachse parallel zur Längsachse des Heizrohres und zur Ziehrichtung ermöglicht wird. Dies führt zu einer Verbesserung hinsichtlich der Biegung des

Glaszylinders. Schief angesetzte Zylinderstücke oder auch Fehlausrichtungen der Ziehanlage können so korrigiert werden.

- Diese Optimierungsmaßnahme wird vorzugsweise erst durchgeführt, nachdem ein „sweet spot“ anhand der oben erläuterten Vorversuche festgestellt und der
- 5 Glaszylinder in der ersten Erfassungsebene entsprechend darauf eingerichtet worden ist.

- Zur Optimierung der Ausrichtung der Zylinderlängsachse auf die Ziehachse werden unterschiedliche Verkippungen von Glaszylindern in Bezug auf die Ziehachse eingestellt, wobei die Glaszylinder jeweils zu eine Test-Glasstrang
- 10 gezogen und eine radiale Kreis- oder Ringabmessung des abgezogenen Test-Glasstrangs ausgewertet wird, und anhand dieser Auswertung sukzessive korrigierte Verkippungen berechnet werden, wie dies oben anhand der Versuche zur Optimierung der radialen xy-Position beschrieben wurde.

- In einer bevorzugten Verfahrensvariante umfasst das Einrichten des
- 15 Glaszylinders nach Verfahrensschritt d) einen rechnergesteuerten Transport des Glaszylinders auf die korrigierte xy-Position.

- Der rechnergesteuerte Transport des Glaszylinders gewährleistet eine exakte Positionierung auf der korrigierten xy-Position anhand der vorab berechneten Daten. Diese Maßnahme hat sich insbesondere in Verbindung mit einer
- 20 optische Erfassung der Position des Glaszylinders bewährt, wie sie oben erläutert ist.

Es hat sich weiterhin als günstig erwiesen, für die Ermittlung eines „sweet spots“ einen aus Testmaterial bestehenden Glaszylinder einzusetzen.

- Diese Maßnahme dient der Materialersparnis. Dabei werden zur Ermittlung des
- 25 „sweet spots“ vor dem ersten Gut-Zylinder geometrisch präzise Test-Glaszylinder aus billigerem Material verwendet. Diese können dieselben Außenabmessungen (Außendurchmesser, Innendurchmesser) aufweisen, wie der Gut-Zylinder; oder kleinere Außenabmessungen. Der Test-Glaszylinder kann auch an einen Gut-Zylinder angeschweißt sein.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die oben genannte technische Aufgabe ausgehend von einer Vorrichtung der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Justiereinrichtung aufweist:

- 5 a) eine Erfassungseinrichtung für das Erfassen eines Wertes für eine erste radiale xy-Position der Zylinderlängsachse des Glaszylinders in einer ersten horizontalen Erfassungsebene innerhalb des Heizrohres,
- b) eine Vermessungseinrichtung zum Vermessen eines Ist-Zustandes einer radialen Kreis- oder Ringabmessung eines aus dem Glaszylinder gezogenen Test-Glasstrangs,
- 10 c) einen Mikroprozessor zum Ermitteln einer Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Position unter Berücksichtigung der Lage des Glaszylinders in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres während des Ziehens, und zum Berechnen einer korrigierten xy-Position
- 15 der Zylinderlängsachse innerhalb des Heizrohres anhand eines Korrekturfaktors und der Größe und der Position der Abweichung,
- d) und einer Verschiebeeinrichtung, mittels welcher der Glaszylinder in dem Heizrohr derart eingerichtet wird, dass sich die Zylinderlängsachse wenigstens in der ersten horizontalen Erfassungsebene in der xy-
- 20 Position erstreckt.

Bei dem Heizrohr handelt es sich in der Regel um ein Bauteil aus Grafit, das infolge von Fertigungsschwankungen eine radial inhomogene Verteilung der Dichte aufweisen kann. Derartige Inhomogenitäten innerhalb der Heizrohrwandung und axiale Asymmetrien im Ofenaufbau führen zu Störungen

25 in der Ausprägung des Temperaturfeldes und insbesondere zu einer nicht axialsymmetrischen Temperaturverteilung innerhalb des Heizrohres, welche zu systematischen Maßabweichungen bei den unter Einsatz des Heizrohres gezogenen Glasbauteilen führt, wie dies oben anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens bereits erläutert ist.

30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient dazu, in dem gestörten Temperaturfeld des Heizrohres einen „sweet spot“ aufzufinden und ein exaktes

und reproduzierbares Einrichten des Glaszylinders in dem aufgefundenen „sweet spot“ zu gewährleisten.

Zu diesem Zweck ist eine Erfassungseinrichtung vorgesehen, mittels der zunächst die anfängliche radiale xy-Position des Glaszylinders in einer ersten horizontalen Erfassungsebene innerhalb des Heizrohres exakt erfassbar ist.  
5 Die Erfassungseinrichtung weist optische, elektrische, magnetische, kapazitive oder induktive Sensoren für die Ermittlung der Koordinaten der xy-Position des Glaszylinders auf.

Aus dem Glaszylinder wird ein Test-Glasstrang gezogen. Zum Vermessen eines Ist-Zustands einer radialen Kreis- oder Ringabmessung des Test-Glasstrangs ist eine Vermessungseinrichtung vorgesehen. Abweichungen zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der betreffenden Kreis- oder Ringabmessung werden quantifiziert; und zwar sowohl hinsichtlich der Größe der Abweichung und im Hinblick auf ihre relative Lage in Bezug auf die  
10 Innenwandung des Heizrohres während des Ziehens.

Die ermittelten Abweichungen werden zur Berechnung einer korrigierten xy-Position der Zylinderlängsachse innerhalb des Heizrohres verwertet. Die Berechnung des Verschiebungsvektors von der einen xy-Position zu der korrigierten xy-Position erfolgt beispielsweise in einem Mikroprozessor und ist  
20 oben anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert.

Der Glaszylinder wird in der korrigierten xy-Position mittels einer Verschiebeeinrichtung so eingerichtet, dass sich die Zylinderlängsachse wenigstens in der ersten horizontalen Erfassungsebene in der korrigierten xy-Position erstreckt. Die exakte Positionierung des Glaszylinders in der  
25 korrigierten xy-Position kann mittels der Erfassungseinrichtung kontrolliert werden.

Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann die Positionierung des Glaszylinders in der ersten Erfassungsebene exakt erfasst und eine vorgegebene Änderung der Position reproduzierbar eingestellt werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Soweit in den Unteransprüchen angegebene Ausgestaltungen der Vorrichtung den in Unteransprüchen zum erfindungsgemäßen Verfahren genannten Verfahrensweisen nachgebildet sind, wird zur ergänzenden Erläuterung auf die obigen Ausführungen zu den entsprechenden Verfahrensansprüchen verwiesen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im Einzelnen:

**Figur 1** eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung im Bereich einer ersten Erfassungsebene E1 oberhalb des Heizrohres von oben,

**Figur 2** eine entsprechende Seitenansicht der Vorrichtung, und

**Figur 3** eine vergrößerte Darstellung des Heizrohres und eines Rohr-Strangs mit Blickrichtung von unten auf das Heizrohr.

Die Vorrichtung gemäß **Fig. 1** umfasst einen Widerstands-Heizofen, der im Wesentlichen aus einem vertikal orientierten Heizrohr 1 aus Graphit besteht, das einen im horizontalen Querschnitt kreisförmigen Heizraum 3 umschließt. Die Ansicht von **Fig. 1** zeigt einen horizontalen Schnitt oberhalb des Heizrohres 1 (erste Erfassungsebene E1), wobei ein Koordinatenkreuz eingezeichnet ist, dessen Achsen die x-Richtung und die y-Richtung in der ersten Erfassungsebene E1 darstellen, und dessen Mittelpunkt durch die Mittelachse 2 des Heizrohres 1 verläuft, die als Punkt (2) eingezeichnet ist.

Außerhalb des Heizrohres verlaufende Lote 5a, 5b sind in der Draufsicht von **Figur 1** ebenfalls durch Punkte (5a, 5b) gekennzeichnet. Die Lote 5a, 5b verlaufen parallel zur Mittelachse 2 des Heizrohres 1 und sie kennzeichnen dessen Lage in x-Richtung (Lot 5a) und in y-Richtung (Lot 5b).

In das obere offene Ende des Heizrohres 1 ragt ein Quarzglas-Hohlzylinder 4, dessen Längsachse 16 möglichst parallel zur Mittelachse 2 des Heizrohres 1 ausgerichtet ist. In der Ansicht von **Fig. 1** liegt die Längsachse 16 des

Hohlzylinders 4 in Höhe der ersten Erfassungsebene E1 exakt auf der Mittelachse 2 des Heizrohres 1.

In Höhe der ersten Erfassungsebene E1 (oberhalb des oberen Endes des Heizrohres 1) sind zwei CCD-Kameras 6 und 7 angeordnet, welche in  
5 senkrecht aufeinander stehenden Blickrichtungen jeweils auf die Mittelachse 2 und auf das jeweils gegenüberliegende Lot 5a bzw. 5b gerichtet sind. Die Lote 5a und 5b bilden einen festen Bezugspunkt für das Heizrohr 1, so dass die CCD-Kameras 6, 7 infolge ihrer Ausrichtung an den Loten 5a bzw. 5b in Bezug auf das Heizrohr 1 definiert positioniert sind. Die CCD-Kameras 6 und 7 sind  
10 jeweils mit einem Rechner 8 verbunden.

In einer zweiten Erfassungsebene E2, welche beabstandet zur ersten Erfassungsebene E1 aber ebenfalls noch oberhalb des Heizrohres 1 verläuft, sind weitere zwei CCD-Kameras 6b, 7b mit Blickrichtung von 90 ° zueinander angeordnet, wie dies in der Seitenansicht von **Fig. 2** erkennbar ist. Die CCD-  
15 Kameras 6b und 7b sind ebenfalls an den Loten 5a, 5b ausgerichtet und mit dem Rechner 8 verbunden.

Fig. 2 zeigt weiterhin, dass der Hohlzylinder 4 mit einer Verschiebeeinrichtung  
14 verbunden ist, mittels der er in horizontaler Richtung (xy) verschiebbar ist. Der Hohlzylinder 4 wird in dem Heizraum 3 erweicht und aus dem erweichten  
20 Bereich unter Bildung einer Ziehzwiebel 9 ein Rohr 10 vertikal nach unten abgezogen wird. Das Rohr 10 wird dabei durch einen Schleifkontaktring 12 geleitet, der gleichzeitig als Führungsschiene für ein Waddickenmessgerät 11 dient, welches um den Außenumfang des Rohres 10 rotierbar ist. Mittels des Waddickenmessgerätes 11, das ebenfalls mit dem Rechner 8 verbunden ist,  
25 kann während des Ziehprozesses ein Waddickenprofil des abgezogenen Rohres 10 aufgezeichnet, und dieses Profil mit Hilfe des Rechners 8 ausgewertet werden.

Unterhalb des Heizrohres 1 und noch im Bereich der Ziehzwiebel 9 des Quarzglas-Hohlzylinders 4 ist eine dritte Erfassungsebene E3 vorgesehen, in  
30 der ein Waddickenmessgerät 17 angeordnet ist, welches einen Messwert für die Abzugsregelung liefert, wie dies in der EP 0 767 148 A1 beschrieben ist.



Ein Wanddickenprofil des abgezogenen Rohr-Strangs 10, wie es in einer Höhe des Rings 12 mittels des Wanddickenmessgerätes 11 gemessen wird, ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Daraus ergibt sich auch die räumliche Orientierung des Profils in Bezug auf das Heizrohr 1, wie dies weiter unten noch  
5 näher erläutert wird.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel für die Durchführung des erfindungsgemäßen Vertikalziehverfahrens zur Herstellung eines Quarzglasrohres anhand den Figuren 1 bis 3 näher erläutert.

In dem vertikal ausgerichteten Heizrohr 1 wird ein Quarzglas-Hohlzylinder 4 mit  
10 einem Außendurchmesser von 200 mm und einem Innendurchmesser von 100 mm zunächst so justiert, dass seine Längsachse 16 in der ersten Erfassungsebene E1 in der Mittelachse 2 des Heizrohres 1 verläuft. Der Hohlzylinder 4 wird hierzu mittels einer (in den Figuren nicht dargestellten) Verschiebeeinrichtung, die mittels des Rechners 8 positionierbar ist, justiert. Als  
15 Justierhilfe dienen die Lote 5a und 5b. Diese erste Ausrichtung des Hohlzylinders 4 erfolgt von Hand oder rechnergesteuert. Anhand einer Sichtkante wird die Position des Quarzglas-Hohlzylinders 4 innerhalb des Heizrohres 1 mittels der CCD-Kameras 6 und 7 erfasst und die entsprechenden xy-Koordinaten werden im Rechner 8 gespeichert.

20 Der in der Mittelachse 2 des Heizrohres 1 positionierte Quarzglas-Hohlzylinder 4 wird anschließend mit einem vorgegebenen Vorschub in das Heizrohr 1 weiter abgelassen und darin auf eine Temperatur oberhalb von 2100 °C erhitzt, wobei aus der sich bildenden Ziehzwiebel 9 das Quarzglas-Rohr 10 mit geregelter Ziehgeschwindigkeit auf einen Soll-Außendurchmesser von 30 mm  
25 und einer Soll-Wanddicke von 3 mm abgezogen wird.

Gleichzeitig wird die vertikale Orientierung des Quarzglas-Hohlzylinders 4 mittels der beiden CCD-Kameras 6b und 7b erfasst, und auch dieser Messwert wird im Rechner 8 gespeichert und für eine entsprechende Justierung herangezogen.

Mittels des um den Rohr-Strang 10 rotierenden Wanddickenmessgerätes 11 wird kontinuierlich ein Wanddickenprofil des abgezogenen Rohr-Strangs 10 erzeugt und im Rechner 8 in der Art ausgewertet, dass der Betrag der Wandeinseitigkeit (Maximalwert minus Minimalwert der Wanddicke) und Lage  
5 der minimalen Wanddicke in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres 1 festgestellt wird.

Anhand der so ermittelten Abweichung der Wanddickenverteilung von der Idealgeometrie wird die horizontale xy-Position des Hohlzylinders 4 durch eine Verschiebung seiner Längsachse 16 in der ersten Erfassungsebene E1  
10 korrigiert, wie dies nachfolgend anhand von **Fig. 3** an einem Beispiel erläutert wird:

Der Korrekturschritt zur Verschiebung der Hohlzylinder-Längsachse 16 in der ersten Erfassungsebene E1 beinhaltet

- 15 a) das Auffinden der dünnsten Stelle der Wanddicke des abgezogenen Rohr-Strangs 10 und
- b) das Ermitteln der Lage der dünnsten Stelle der Wanddicke in Bezug auf das Heizrohr 1 und
- c) das Ermitteln des Betrages der Abweichung der Rohr-Wandstärke (Maximalwert – Minimalwert).

20 Fig. 3 zeigt eine Ansicht von unten auf das Heizrohr 1 und auf das abgezogene Rohr 10. Es ist erkennbar, dass das Querschnittsprofil des Rohr-Strangs 10 eine Asymmetrie aufweist. Der Bereich der dünnsten Wanddicke liegt im Ausführungsbeispiel im Sektorfeld rechts unten und gegenüberliegend einer Stelle des Heizrohrs 1, die mit „H“ bezeichnet ist. Die minimale Wanddicke ist  
25 durch den Blockpfeil 31 und die maximale Wanddicke durch den Blockpfeil 32 gekennzeichnet. Die Differenz zwischen minimaler und maximaler Wanddicke in der Querschnittsebene beträgt 0,12 mm.

Zur Korrektur dieser Abweichung wird der Quarzglas-Hohlzylinder 4 ein Stück nach links, also von der Stelle „H“ wegbewegt, und zwar in Richtung einer

Flächennormalen auf die Heizrohrwandung an der Stelle „H“, wie dies der Richtungspfeil 33 andeutet. Die Strecke (S) der Wegbewegung von 1,2 mm ergibt sich anhand der Formel:  $S = 0,06 \times K$ , wobei der Korrekturfaktor K für jeden Heizofen empirisch zu ermitteln ist, und in diesem Fall 20 beträgt.

- 5 Aus dieser Berechnung resultiert somit eine korrigierte Lage der xy-Position des Quarzglas-Hohlzylinders 4 in der ersten Erfassungsebene E1. Infolge einer entsprechenden Verschiebung der Mittelachse des Hohlzylinders 4 würde sich theoretisch eine Wandeinseitigkeit von Null ergeben. Andererseits können sich infolge einer Verschiebung der Mittelachse des Hohlzylinders
- 10 Biegungsprobleme ergeben. In der Praxis wird daher die Verschiebung der Mittelachse so gering wie möglich aber so groß wie nötig eingestellt, damit die resultierende Wandeinseitigkeit im Rahmen der erlaubten Spezifikation bleibt. Im obigen Ausführungsbeispiel ist laut Spezifikation eine Wandeinseitigkeit von 0,05 hinnehmbar, so dass die tatsächlich praktisch umzusetzende Strecke A
- 15 der Wegbewegung eine Länge von 1,4 mm hat ( $A = (0,12 - 0,05) \times 20$ ).

Mittels der Verschiebeeinrichtung wird der Quarzglas-Hohlzylinder 4 rechnergesteuert an diese korrigierte xy-Position verfahren.

- 
- Dabei wird weiterhin der Rohr-Strang 10 abgezogen und mittels des Waddickenmessgerätes 11 kontinuierlich die Wirkung der vorgenommenen
- 20 Korrektur auf den Verlauf der Waddicke des abgezogenen Rohres 10 überwacht. Hierzu wird nach einer Abzugslänge von 4 m überprüft, ob die Waddickenverteilung des abgezogenen Glasrohrs 10 nunmehr zufriedenstellend nahe am Soll-Zustand liegt. Gegebenenfalls werden die Koordinaten der so aufgefundenen, korrigierten xy-Position als Startkoordinaten
- 25 für zukünftige Ziehprozesse unter gleichen Bedingungen (identisches Heizrohr, gleiche Geometrie des Hohlzylinders) herangezogen. Andernfalls wird der oben beschriebene Korrekturschritt erneut ausgeführt, und es werden so lange weitere korrigierte xy-Positionen für den Hohlzylinder 4 ermittelt, bis ein „sweet spot“ innerhalb des Heizrohres 1 gefunden wurde, in dem sich eine
- 30 zufriedenstellend genaue Zylindersymmetrie des abgezogenen Rohres ergibt.

Davon unabhängig wird die Wanddicke des abgezogenen Rohres 10 unter Verwendung des vom Wanddickenmessgerät 17 frühzeitig erzeugten Messergebnisses geregelt.

- 5 Sobald ein „sweet spot“ und die entsprechende xy-Position des Quarzglas-Hohlzylinders 4 in der ersten Erfassungsebene E1 gefunden wurde, die zu zufriedenstellenden Resultaten hinsichtlich des Wanddickeverlaufs beim Rohr-Strang 10 führt, wird die vertikale Ausrichtung des Hohlzylinders 4 in der Ziehachse optimiert. Hierzu wird mittels der CCD-Kameras 6b und 7b die Lage des Quarzglas-Hohlzylinders 4 in Bezug auf das Lot 5 festgestellt und im Fall
- 10 einer Abweichung so korrigiert, dass sich der Hohlzylinder 4 auch in der zweiten horizontalen Erfassungsebene E2 in der xy-Position erstreckt.

Der abgezogene Rohrstrang wird zu Substratrohren mit einer Länge von 1,50 m zugeschnitten.

### Patentansprüche

1. Vertikalziehverfahren zur Herstellung eines zylinderförmigen Glaskörpers, insbesondere aus Quarzglas, umfassend ein kontinuierliches Zuführen eines Glaszylinders zu einer Heizzone, die ein vertikal ausgerichtetes Heizrohr aufweist, ein Justieren der Zylinderlängsachse des Glaszylinders in Bezug auf die Heizrohr-Längsachse, ein zonenweises Erweichen des Glaszylinders, ein Ziehen eines Glasstrangs aus dem erweichten Glaszylinder, und ein Zuschneiden des Glasstrangs zu dem zylinderförmigen Glaskörper, dadurch gekennzeichnet, dass das Justieren ein Erfassen eines Wertes für eine erste radiale xy-Position der Zylinderlängsachse (16) des Glaszylinders (4) in einer ersten horizontalen Erfassungsebene (E1), ein Ziehen des in der ersten xy-Position angeordneten Glaszylinders (4) zu einem Test-Glasstrang (10), sowie eine einfache oder wiederholte Durchführung folgender Verfahrensschritte umfasst:
- a) ein Vermessen eines Ist-Zustandes einer radialen Kreis- oder Ringabmessung des Test-Glasstrangs,
- b) ein Ermitteln einer Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Position unter Berücksichtigung der Lage des Glaszylinders (4) in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres (1) während des Ziehens,
- c) ein Berechnen einer korrigierten xy-Position der Zylinderlängsachse (16) anhand eines Korrekturfaktors (K) und der Größe und der Lage der Abweichung,
- d) ein Einrichten des Glaszylinders (4) in dem Heizrohr (1) derart, dass sich die Zylinderlängsachse (16) wenigstens in der ersten horizontalen Erfassungsebene (E1) in der korrigierten xy-Position erstreckt, und
- e) ein Ziehen des in der korrigierten xy-Position eingerichteten Glaszylinders (4) zu einem weiteren Test-Glasstrang (10).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des Wertes für die erste radiale xy-Position das Erzeugen einer optischen Abbildung des Glaszylinders (4) in der ersten Erfassungsebene (E1) und mindestens einem Teil des Heizrohres (1) oder eines in einer ortsfesten Beziehung zum Heizrohr (1) stehenden Kalibrierkörpers (5a, 5b), sowie eine Auswertung der optischen Abbildung umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein rohrförmiger Test-Glasstrang (10) gezogen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Vermessen nach Verfahrensschritt a) das Vermessen des Waddickenverlaufs des rohrförmigen Test-Glasstrangs (10) umfasst.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein rohrförmiger Test-Glasstrang (10) mit einem Außendurchmesser von maximal 50 mm, vorzugsweise zwischen 10 und 20 mm, gezogen wird.
6. Verfahren nach Anspruch einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vermessen nach Verfahrensschritt a) während des Ziehens erfolgt, wobei die Kreis- oder Ringabmessung an mehreren um den Umfang des Test-Glasstrangs (10) verteilten Messpunkten ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vermessen nach Verfahrensschritt a) an abgelängten Teilstücken des Test-Glasstrangs (10) unter Einsatz eines ortsfesten Waddickenmessgerätes erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem rohrförmigen Test-Glasstrang (10) der Abstand A zwischen der xy-Position und der korrigierten xy-Position anhand folgender Bemessungsregel berechnet wird:

$$A = K \times \text{Wandeinseitigkeit}$$

wobei K ein Korrekturfaktor ist, welcher zwischen 5 und 40 liegt, sofern die Wandeinseitigkeit als Differenzbetrag zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert der Wandungsdicke angegeben wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wert für die erste radiale xy-Position der Zylinderlängsachse des Glaszylinders (4) in einer zweiten horizontalen Erfassungsebene (E2) ermittelt wird, welche beabstandet zur ersten Erfassungsebene (E1) verläuft.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einrichten des Glaszylinders (4) nach Verfahrensschritt d) einen rechnergesteuerten Transport des Glaszylinders (4) auf die korrigierte xy-Position umfasst.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein aus Testmaterial bestehender Glaszylinder (4) eingesetzt wird.
- 20 12. Vorrichtung zur Herstellung eines zylinderförmigen Glaskörpers mittels eines Vertikalziehverfahrens, mit einer Heizzone, die ein vertikal ausgerichtetes Heizrohr aufweist, und mit einer Justiereinrichtung zum Justieren der Zylinderlängsachse eines zu ziehenden Glaszylinders (4) in Bezug auf die Heizrohr-Längsachse, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung aufweist:
- 25 a) eine Erfassungseinrichtung (6, 7, 6b, 7b) für das Erfassen eines Wertes für eine erste radiale xy-Position der Zylinderlängsachse (16) des Glaszylinders (4) in einer ersten horizontalen Erfassungsebene (E1),
- b) eine Vermessungseinrichtung (11, 12) zum Vermessen eines Ist-Zustandes einer radialen Kreis- oder Ringabmessung eines aus dem Glaszylinder (4) gezogenen Test-Glasstrangs (10),
- 30 c) einen Mikroprozessor (8) zum Ermitteln einer Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand der Kreis- oder Ringabmessung hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Position unter Berücksichtigung der

- 5 Lage des Glaszylinders (4) in Bezug auf die Innenwandung des Heizrohres (1) während des Ziehens, und zum Berechnen einer korrigierten xy-Position der Zylinderlängsachse (16) innerhalb des Heizrohres (1) anhand eines Korrekturfaktors (K) und der Größe und der Position der Abweichung,
- d) und einer Verschiebeeinrichtung (14), mittels welcher der Glaszylinder (4) in dem Heizrohr (1) derart eingerichtet wird, dass sich die Zylinderlängsachse (16) wenigstens in der ersten horizontalen Erfassungsebene (E1) in der xy-Position erstreckt.
- 10 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung eine erste optische Erfassungseinrichtung (6, 7) zur Erzeugung einer optischen Abbildung des Glaszylinders (4) in der ersten Erfassungsebene (E1) und mindestens einem Teil des Heizrohres (1) oder eines in einer ortsfesten Beziehung zum Heizrohr (1) stehenden
- 15 Kalibrierkörpers (5a, 5b) umfasst.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Erfassungseinrichtung (6, 7) eine erste Kamera und eine zweite Kamera umfasst, die jeweils in der ersten Erfassungsebene (E1) so angeordnet sind, dass ihre Blickrichtung jeweils senkrecht zur Zylinderlängsachse (16)
- 20 verläuft.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung eine zweite optische Erfassungseinrichtung (6b, 7b) mit einer dritten Kamera und einer vierten Kamera umfasst, die jeweils in einer beabstandet zur ersten Erfassungsebene (E1) verlaufenden, zweiten
- 25 Erfassungsebene (E2) so angeordnet sind, dass ihre Blickrichtung jeweils senkrecht zur Zylinderlängsachse (16) verläuft.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessungseinrichtung mehrere um den Umfang des Test-Glasstrangs (10) verteilte Waddickenmessgeräte umfasst.



17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessungseinrichtung ein um den Außenumfang des Test-Glasstrangs (10) rotierbares Wanddickenmessgerät (11; 12) umfasst.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

1/2

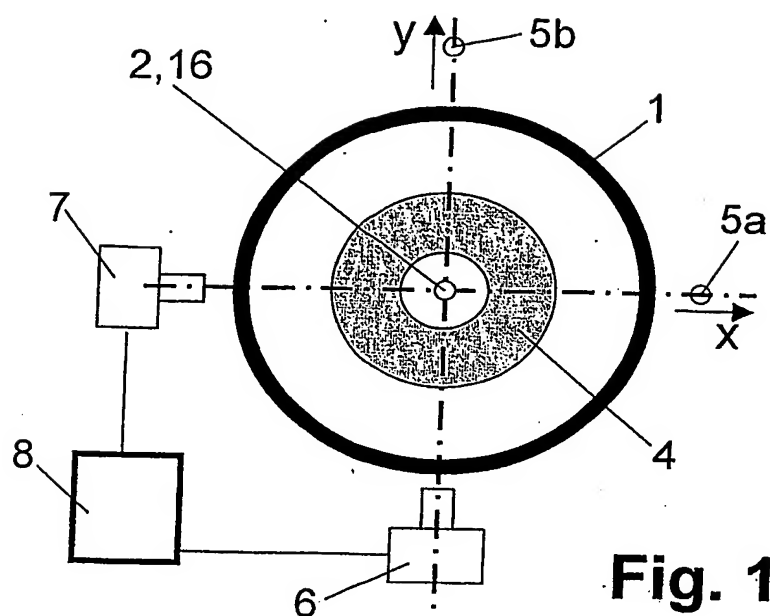


Fig. 1

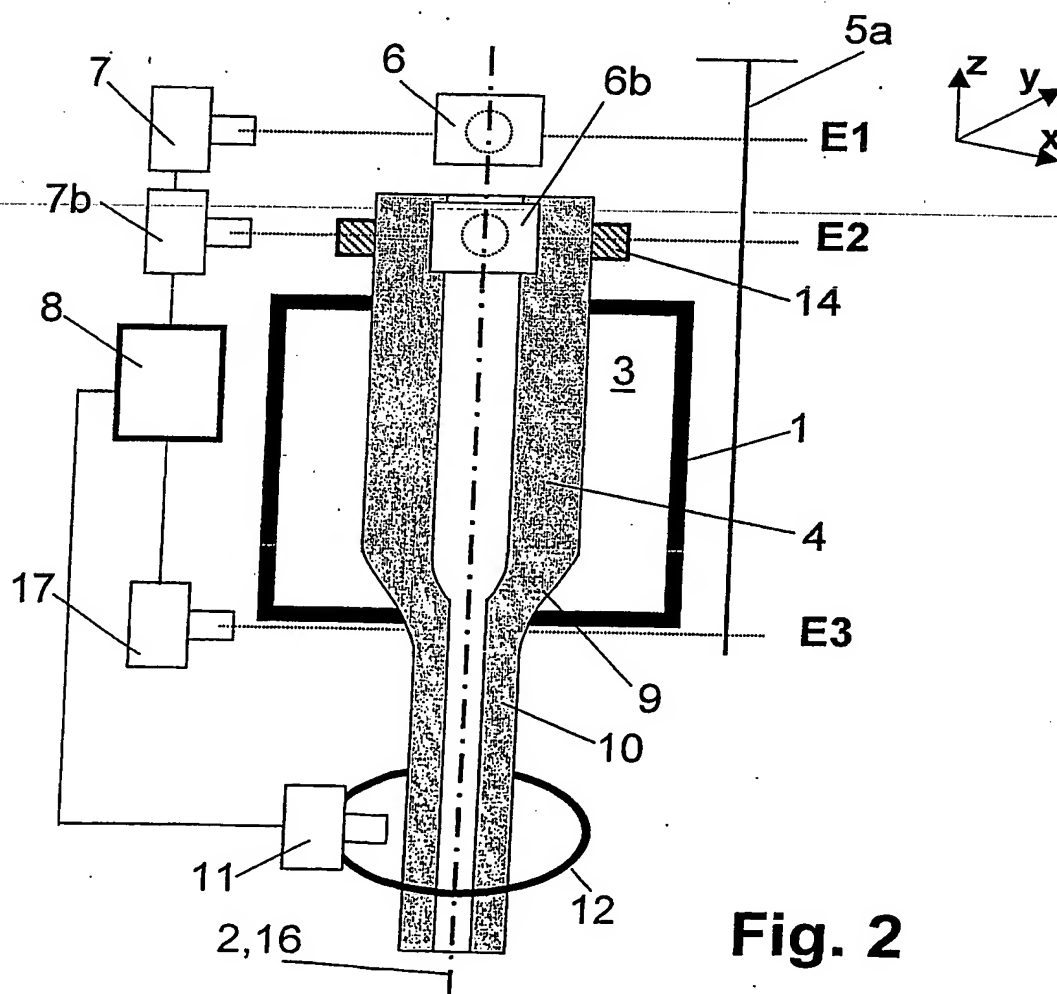
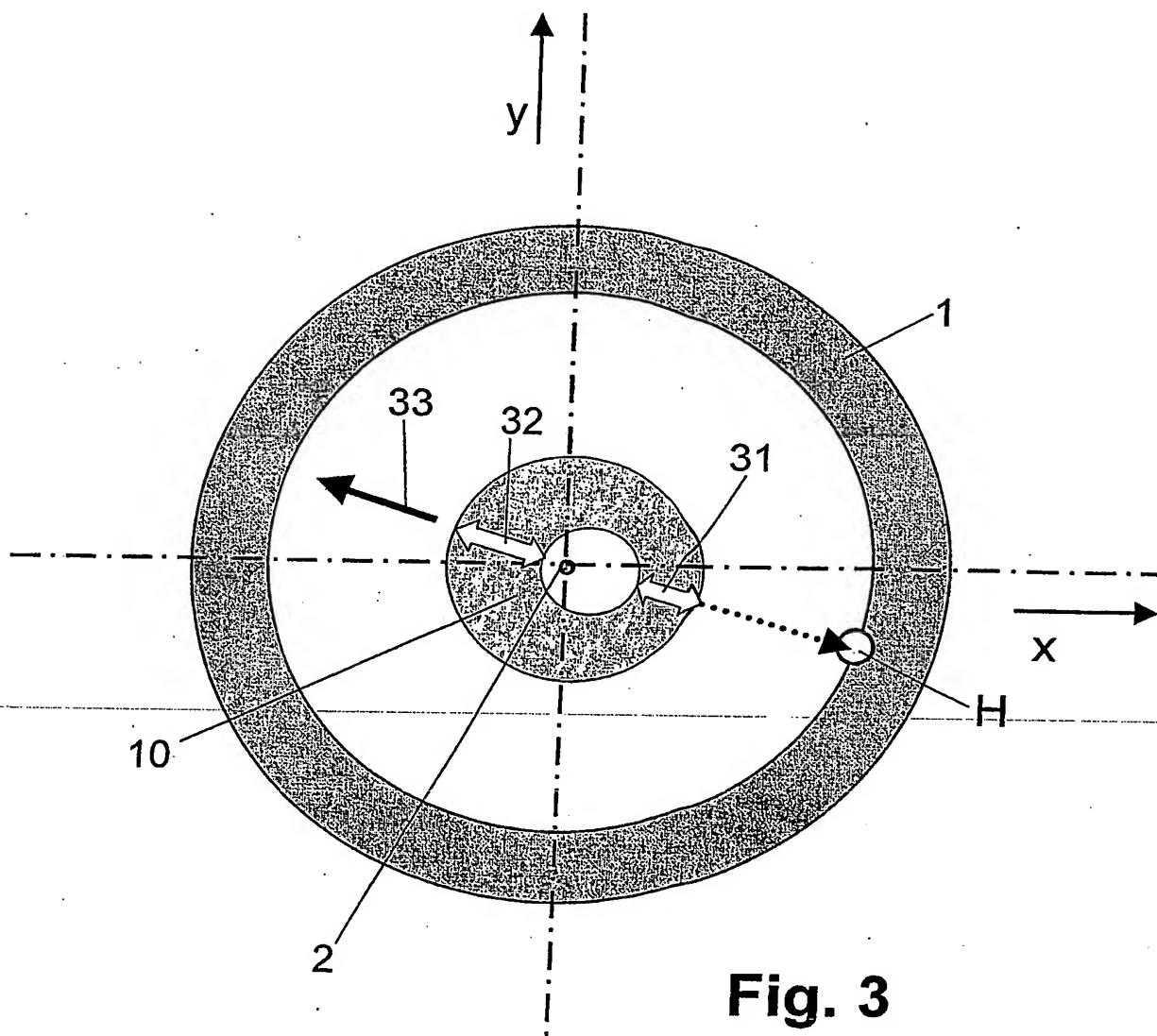


Fig. 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/013402

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C03B23/047 C03B37/012 C03B37/025

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31 December 1998 (1998-12-31) -& JP 10 231136 A (SHIN ETSU CHEM CO LTD), 2 September 1998 (1998-09-02) abstract; figures 1,2	1-3,5,6, 9-15
X	US 4 410 344 A (IYENGAR ET AL) 18 October 1983 (1983-10-18) claims 1-5; figures 1,2	1-3,5,6, 9-15
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 10, 31 August 1998 (1998-08-31) & JP 10 114536 A (FUJIKURA LTD), 6 May 1998 (1998-05-06) abstract	1-3,5,6, 9-15

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 2005

Date of mailing of the international search report

21/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Creux, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/013402

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 160 (C-075), 15 October 1981 (1981-10-15) & JP 56 088841 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>; others: 01), 18 July 1981 (1981-07-18) abstract	2,13
A	DE 199 08 623 A1 (SCHOTT-GERAETE GMBH) 25 May 2000 (2000-05-25) claim 1	1,4,7,8, 16,17
A	DE 36 25 733 A1 (KABELMETAL ELECTRO GMBH; KABELMETAL ELECTRO GMBH, 3000 HANNOVER, DE) 11 February 1988 (1988-02-11) claim 1; figure 1	2,13-15
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31 May 1995 (1995-05-31) & JP 07 017736 A (FUJIKURA LTD), 20 January 1995 (1995-01-20) abstract	1-17



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/013402

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 10231136	A	02-09-1998	JP 3515870 B2 EP 0846665 A2 US 6178778 B1	05-04-2004 10-06-1998 30-01-2001
US 4410344	A	18-10-1983	CA 1175656 A1 EP 0090000 A1 JP 58501512 T WO 8301060 A1	09-10-1984 05-10-1983 08-09-1983 31-03-1983
JP 10114536	A	06-05-1998	NONE	
JP 56088841	A	18-07-1981	JP 1394317 C JP 62000856 B	11-08-1987 09-01-1987
DE 19908623	A1	25-05-2000	NONE	
DE 3625733	A1	11-02-1988	NONE	
JP 07017736	A	20-01-1995	NONE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013402

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C03B23/047 C03B37/012 C03B37/025

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 C03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 14, 31. Dezember 1998 (1998-12-31) -& JP 10 231136 A (SHIN ETSU CHEM CO LTD), 2. September 1998 (1998-09-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	1-3,5,6, 9-15
X	US 4 410 344 A (IYENGAR ET AL) 18. Oktober 1983 (1983-10-18) Ansprüche 1-5; Abbildungen 1,2	1-3,5,6, 9-15
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 10, 31. August 1998 (1998-08-31) & JP 10 114536 A (FUJIKURA LTD), 6. Mai 1998 (1998-05-06) Zusammenfassung	1-3,5,6, 9-15

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. April 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/04/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Creux, S

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013402

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 005, Nr. 160 (C-075), 15. Oktober 1981 (1981-10-15) & JP 56 088841 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>; others: 01), 18. Juli 1981 (1981-07-18) Zusammenfassung	2, 13
A	DE 199 08 623 A1 (SCHOTT-GERAETE GMBH) 25. Mai 2000 (2000-05-25) Anspruch 1	1, 4, 7, 8, 16, 17
A	DE 36 25 733 A1 (KABELMETAL ELECTRO GMBH; KABELMETAL ELECTRO GMBH, 3000 HANNOVER, DE) 11. Februar 1988 (1988-02-11) Anspruch 1; Abbildung 1	2, 13-15
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr. 04, 31. Mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 017736 A (FUJIKURA LTD), 20. Januar 1995 (1995-01-20) Zusammenfassung	1-17

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013402

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 10231136 A	02-09-1998	JP 3515870 B2 EP 0846665 A2 US 6178778 B1	05-04-2004 10-06-1998 30-01-2001
US 4410344 A	18-10-1983	CA 1175656 A1 EP 0090000 A1 JP 58501512 T WO 8301060 A1	09-10-1984 05-10-1983 08-09-1983 31-03-1983
JP 10114536 A	06-05-1998	KEINE	
JP 56088841 A	18-07-1981	JP 1394317 C JP 62000856 B	11-08-1987 09-01-1987
DE 19908623 A1	25-05-2000	KEINE	
DE 3625733 A1	11-02-1988	KEINE	
JP 07017736 A	20-01-1995	KEINE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**